

влияет на точность, определяемую как повторяемость точности каждого слоя. Точность зависит от многих различных факторов: методы 3D-печати, материалы, настройки программного обеспечения, постобработка и т. д.

Как правило, SLA и DLP 3D-печать с синтетической смолой являются одними из самых точных методов 3D-печати. И различия в точности часто лучше объяснить различиями между устройствами разных производителей, чем различиями между самими технологиями.

**Вывод.** Сегодня цифровые программные инструменты и 3D-печать позволяют совместить литье по выплавляемым моделям с преимуществами цифрового дизайна и производственного процесса. С помощью цифрового рабочего процесса дизайнеры используют программные средства САПР для создания проектов в цифровом виде и 3D-принтер высокого разрешения для создания 3D-печатных шаблонов, которые затем можно отливать в форму [4]. Благодаря цифровым технологиям значительно сокращается потребность в длительном ручном труде, а саму конструкцию легко сохранять, модифицировать и воссоздавать при необходимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 3D-печать. Практическое руководство / Рэдвуд Бен, Гаррэт Брайан, Шофер Филемон. – М.: ДМК-Пресс, 2020. – 220 с.
2. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития / Кэнесс Э., Фонда К., Дзеннаро М. – М.: МЦТФ, 2013. – 192 с.
3. Производство заготовок. Литье: Серия учебных пособий. Книга 3. Проектирование и производство отливок (литых заготовок) / А.С. Килов, А.В. Попов, В.А. Недыхалов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
4. Литье по выплавляемым моделям / В.Н. Иванов, С.А. Казеннов [и др.] – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.

УДК 621.777.01

#### НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОГО ПРЕССОВАНИЯ

**Е. Ю. Готовский**, студент гр. 10504215 ФММП БНТУ,  
научный руководитель – д-р техн. наук, профессор **Н. М. Чигринова**

*Резюме – В данной работе представлен один из способов обработки металлов давлением теплое прессование. Описываются характеристики и особенности данного метода, а также его преимущества и недостатки. Делается вывод о целесообразности использования метода в массовом производстве.*

*Summary – This paper presents one of the methods of metal processing by pressure-warm pressing. The characteristics and features of this method, as well as its advantages and disadvantages, are described. The conclusion is made about the feasibility of using the method in mass production.*

**Введение.** На сегодняшний день существует множество разнообразных способов обработки материалов давлением. Одним из них является прессование. Прессование (от лат. *presso* – давя, жму) – процесс обработки материалов давлением, производимый с целью увеличения плотности, изменения формы, перераспределения фаз материала, для изменения механических или иных его свойств [1].

Существует множество методов прессования. Один из самых прогрессивных – метод теплового прессования.

**Основная часть.** Благодаря методу теплового прессования становится возможным изготовить очень прочные и износостойкие изделия, у которых будет минимальная пористость.

Технологию теплового прессования используют уже довольно давно. Чаще всего она применяется в производстве валков и сердечников снарядов, волок и волоочильных матриц, а также размольных шаров и других изделий. Способ теплового прессования подразумевает использования высоких температур для обработки изделия. В его основе лежит одновременное воздействие давления и температуры на твердосплавную смесь [2]. В некоторых случаях может использоваться и шихта.

Шихта (нем. *Schicht*) – смесь исходных материалов, а в некоторых случаях (например, при выплавке чугуна в доменной печи) и топлива в определённой пропорции, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах [3].

Схема процесса теплового прессования показана на рисунке 1.

Камера прессования 1 располагается в тигле 2 и сообщается с ним при помощи отверстий 3, через которые в неё поступает расплав (рисунок 1, а). При движении поршня вниз отверстия 3 перекрываются, и расплав по каналу 4 поступает через мундштук 5 в полость пресс-формы 6 (рисунок 1, б). После затвердевания отливки поршень 7 возвращается в исходное положение, и остатки расплава из канала 4 сливаются в камеру прессования (рисунок 1, в). Пресс-форма раскрывается, отливка 8 выталкивается из неё толкателем 9, после чего пресс-форма закрывается и цикл повторяется.

Как правило, в большинстве случаев все проходящие операции на машинах ЛПД автоматизированы.

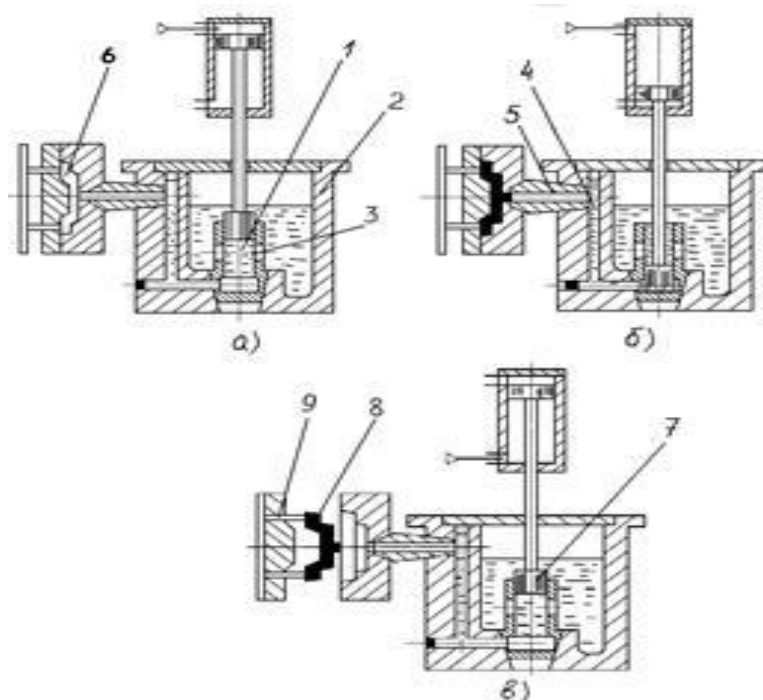


Рисунок 1 – Машина ЛПД с горячей камерой прессования  
Источник: [1]

В процессе обработки по этому методу можно выделить два основных процесса: прессование порошка и его непосредственное спекание. Специально заготовленную твердосплавную смесь порошков металлов для прессования загружают в особые формы, сделанные из графита. После чего подвергают давлению  $70\text{--}150\text{ кг/см}^2$  при температуре от  $1300\text{--}1600\text{ }^\circ\text{C}$  (Это значение является средним. Как правило, спекание должно, производиться при температуре  $0,5\text{--}0,8$  от температуры плавления компонента основного металла порошковой смеси. Соблюдение заданной температуры при подобной обработке порошкового металла необходимо, т. к. при этом обеспечивается текучесть порошковой смеси, что напрямую влияет на качество изделия и позволяет прессовать малопористые детали.

Для получения качественного изделия необходимо избегать взаимодействия между материалом пресс-формы с прессуемым порошком. Во избежание такого взаимодействия внутреннюю поверхность пресс-формы покрывают либо металлической фольгой, либо различными инертными покрытиями на основе эмалей, нитрида бора или жидкого стекла.

Качество прессовок зависит от наличия окислительных факторов. Для предотвращения и исключения окисления прессуемой заготовки во время обработки используется вакуумирование камеры с порошковой смесью, либо осуществление процесса прессования в восстановительной или инертной защитной среде.

При теплом прессовании соотношение плотности прессовки к плотности спеченного изделия изменяется от  $2,5 : 1$  до  $2 : 1$ . Длительность спекания при максимальном давлении во много раз ниже, чем при спекании

заготовок после обычного прессования. Для сравнения, спекание твёрдых сплавов производится при выдержках 0,75–1,5 часа, а при теплом формовании на это затрачивается от 1–10 минут.



Рисунок 2 – Пресс для теплого прессования

Источник: [1]

Главным преимуществом метода является то, что готовую деталь, которая будет обладать малой пористостью, можно получить при небольшом давлении и в короткие сроки. Дополнительные достоинства теплого прессования заключаются в минимизации допусков на размеры готового изделия; относительно невысоких рабочих давлениях; сокращении времени спекания.

К недостаткам данного метода можно отнести необходимость использования жаропрочных прессформ. Такие пресс-формы имеют очень большую стоимость на рынке, а ввиду специфики метода быстро изнашиваются и требуют замены; малую производительность высокую стоимость оборудования прессов (рисунок 2).

Наиболее целесообразным на производстве считается применение гидравлического давления при больших объёмах производства. Современные технологии помогли добиться того, что новые гидравлические прессы оснащаются специальными устройствами, при помощи которых можно регулировать и обеспечивать точную температуру в процессе прессовки. Для малых партий же используют пневматический пресс.

**Заключение.** Метод теплого прессования используется для получения изделий из металлических порошков, которые не поддаются формованию или спеканию обычными способами, а также при производстве алмазно-металлических сплавов и крупных изделий весом до 500 кг (например, твердосплавных прокатных валков). Кроме того, способ широко применяют в производстве тонких пластин, дисков и других деталей, корящихся при спекании, из-за чего производство холодным формованием (ещё один способ прессования) становится затруднительным.

При данном способе прессования увеличение контакта между частицами достигается деформацией их внешними силами (прессом); собственной температурной подвижностью атомов.

Детали, произведенные из металлических порошков, применяются при производстве и сборке различных изделий и устройств. Они обладают высокой прочностью и малой пористостью, что делает данный метод незаменимым в при необходимости получения изделий с высокой изотропностью механических свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прессование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Прессование> - Дата доступа: 09.05.2020
2. Роль метода прессования металла в современной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vt-metall.ru/articles/136-pressovanie-metalla> – Дата доступа: 09.05.2020
3. Шихта, В.В., / Энциклопедический словарь: в 86 т. – Изд. Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон. – т. 82. – репр. изд. – Спб.: ПОЛРАДИС, 1993. – 83 т.

УДК621.99

#### ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

*А.М. Драгунова, студентка гр. 10505118 ФММП БНТУ,  
научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Н.М. Чигринова*

*Резюме – В данной работе рассматриваются современные технологии нарезания резьб и применяемые для этого инструменты.*

*Summary – This paper discusses modern technologies of thread cutting and tools used for this purpose.*

**Введение.** Сегодня мир полон современных технологий, усовершенствованных приспособлений и молодых специалистов, которые стремятся разработать самое лучшее для своей страны. Техника не стоит на месте, ежедневно чертежи с новыми задумками пополняют архивы и готовятся к реализации и к выходу на рынок. Как правило, любое предприятие, связанное с машиностроением, авиастроением или же приборостроением, имеет такую технологическую операцию, как нарезание резьб.

**Основная часть.** Резьба – это чередующиеся выступы и впадины на поверхности тел вращения, расположенные по винтовой линии. Исходя из этого, значимость резьбы для производства важна и бесценна. Но чтобы резьба имела право на существование, необходимо её нарезать.

Рассмотрим и выявим современные способы нарезания резьбы. Какие технологии нового времени нам доступны для получения эффективной и рентабельной нарезки резьбы?

Существует множество способов нарезания резьбы, которые подходят для тех или иных деталей и имеют свои плюсы и минусы в сборке.

**Вихревое резьбонарезание** осуществляют на специализированном оборудовании **станках** вихревого резьбонарезания (рисунок 1).